

Teemu Niskanen

HTML-MUOTOISEN INFORMAATION SIIRTÄMINEN BLUETOOTH-
YHTEYDEN KAUTTA MATKAPUHELIMEEN

Insinöörityö

Kajaanin ammattikorkeakoulu

Tekniikan ja liikenteen ala

Tietotekniikan koulutusohjelma

Kevät 2004



Osasto Tekniikan ala	Koulutusohjelma Tietotekniikka
Tekijä(t) Teemu Niskanen	
Työn nimi HTML-muotoisen informaation siirtäminen Bluetooth-yhteyden kautta matkapuhelimeen	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot	Ohjaaja(t) Jukka Heino / Veijo Korhonen
Aika 19.4.2004	Sivumäärä 32
<p>Työn tarkoituksena on tutkia, onko mahdollista rakentaa menetelmä, jossa HTML-muotoista informaatiota saadaan siirrettyä Bluetooth-yhteyden kautta Nokian matkapuhelimiin. Koska GPRS- tai HSCSD-yhteyden käyttäminen on hidasta ja kallista on kiinnostavaa tarkastella, onko mahdollista siirtää informaatio jotakin muuta kautta matkapuhelimeen ja onko tätä siirrettyä informaatiota mahdollista käyttää puhelimen näytöllä.</p> <p>Bluetooth-yhteys on langaton tiedonsiirtoyhteys, jonka etuja ovat GPRS- ja HSCSD-yhteyksiin verrattuna nopeus ja edullisuus. Bluetooth-yhteys on varsin uusi keksintö, jota kehitetään kansanvälisesti. Nokian uudet Symbian-pohjaiset matkapuhelimet sisältävät Bluetooth-yhteyden ja niillä voidaan selata HTML-muotoista informaatiota puhelimen näytöllä. Nokia on kehittänyt, alun perin kannettavia laitteita varten kehitettyyn, Symbian v7.0s -käyttöjärjestelmään pohjautuen S60- ja S90-ohjelmistoympäristöt, joihin uudet mm. internetin selaamisen mahdollistavat multimedialaitteet pohjautuvat.</p> <p>Työn lopputulos on, että toimivan menetelmän rakentaminen tiedonsiirtoon on mahdollista. Kuitenkin, silloin kun siirrettävän tiedon määrä paisuu suureksi, on tiedonsiirron nopeus liian hidas. Tulevaisuudessa, erityisesti jos suunnitteilla oleva uusi Bluetooth-standardi parantaa tiedonsiirron nopeutta, on menetelmä toimiva niissä arkipäivän tilanteissa, joissa tieto esim. päivän ruoka-tarjouksista tarvitaan nopeasti.</p>	
Luottamuksellinen Ei	
Hakusanat Bluetooth, tiedonsiirto, matkapuhelin	
Säilytyspaikka Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto	

Faculty Faculty of engineering	Degree programme Information technology
Author(s) Teemu Niskanen	
Title The Transmission of HTML Information to Mobile Phone Using Bluetooth Connection	
Optional professional studies	Instructor(s) / Supervisor(s) Jukka Heino / Veijo Korhonen
Date 19.4.2004	Total number of pages 32
<p>This work examines how to transfer html information from computer to Nokia S60 and S90 mobilephones using Bluetooth connection.</p> <p>The transfer of web-pages to mobile phones using the phone's own connections can be slow and expensive, especially large web-pages, including pictures and media, which have lots of information to transfer. A Bluetooth connection between computers is a free of charge and also a faster connection than GPRS- or HSCSD-connections. Therefore it is interesting to examine the possibilities of Bluetooth connection in data transfer.</p> <p>The Bluetooth connection is produced by the international development group SIG. It is developed to be the new fast and cheap way of transferring data. As a member of SIG, Nokia has developed mobile phones that use Bluetooth connections. In this work the platform products that are being used are Nokia S60s and particular Nokia S90s which both are models that enable the transfer of html data. The HTML information is transferred from computer to these mobile phones via Bluetooth connection.</p> <p>The transmission of data did not succeed with S60 platform because the phones did not support HTML 4.0 browsing. Due to this fact, the work was performed only with the S90 platform mobile phone 7700. With the S90 platform the transfer of data worked as desired. As a result, the fact that the transmission of larger quantities of information can be made faster, it can be argued that Bluetooth may demonstrate a greater potential in the future.</p>	
Confidential No	
Keywords Bluetooth, data transfer, mobile phone	
Deposited at The library of Kajaanin Polytechnic	

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	6
2 BLUETOOTHIN PERUSTEET JA NOKIAN S60- JA S90-OHJELMISTO- ALUSTAISET PUHELIMET	8
2.1 Bluetooth	8
2.1.1 Bluetooth-arkkitehtuuri	9
2.1.2 Bluetooth-arkkitehtuurin fyysinen kerros	11
2.1.3 Protokollapino	14
2.1.4 Virheenkorjaus	17
2.1.5 Tietoturva	18
2.2 Nokian Series 60- ja Series 90 -matkapuhelimet	19
2.2.1 S60- ja S90-matkapuhelinten toiminnot	20
2.2.2 S60- ja S90-ohjelmistoalustojen teknologiat	21
3 TIEDONSIIRRON TOTEUTTAMINEN	22
3.1 HTML-informaation siirtäminen	22
3.2 Tiedonsiirron onnistuminen	28
3.3 Bluetooth-yhteyden tulevaisuus mobiilissa teknologiassa	29
4 YHTEENVETO	30
LÄHDELUETTELO	31

KÄYTETYT TERMIT

ACL	Asynchronous Connectionless packet
API	Application Programming Interface
ARQ	Automatic Repeat Request
CSD	Circuit Switched Data
DRM	Digital Rights Management
Dvb-h	Digital Video Broadcasting-Handheld
FEC	Forward Error Correction
FTP	File Transfer Protocol
GPRS	General Packet Radio Service
HC	Host Controller
HCI	Host Controller Interface
HF	Hands Free
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data
HTML	Hypertext Markup Language
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IrDA	Infrared Data Association
ISM	Industrial, Scientific, Medical
L2CAP	Logical Link Control and Adaptation Protocol
LMP	Link Manager Protocol
MMS	Multimedia Messaging Service
OBEX	Object Exchange protocol
OSI	Open Systems Interconnection
PAN	Personal Area Network
PPP	Point-to-Point
RF	Radio Frequency
RFCOMM	Protocol emulating RS-232
SCO	Synchronous Connection-Oriented packet
SDP	Service Discovery Protocol
SIG	Special Interest Group
SM	Security Manager
SMS	Short Message Service
SPP	Serial Port Profile
Symbian OS	Symbian Operating System
TCP/IP	Transfer Control Protocol/Internet Protocol
TCS BIN	Telephony Controller Signal-Binary
WAP	Wireless Application Protocol
WML	Wireless Markup Language
XHTML	Extensible Hypertext Markup Language

1 JOHDANTO

Lopputyö tutkii HTML-muotoisen informaation siirtämistä tietokoneelta Nokian S60- ja S90-sarjan multimediapuhelimiin Bluetooth-yhteyttä käyttäen. Bluetooth-yhteys on langaton tiedonsiirtoyhteys, jonka etuja ovat, muun muassa internetin selaamiseen käytettäviin GPRS- ja HSCSD-yhteyksiin verrattuna, nopeus ja edullisuus.

HTML-muotoinen tieto paisuu nopeasti jopa megatavujen kokoiseksi kun siihen liitetään pelkän tekstin lisäksi paljon kuvallista informaatiota. Suurten tietomäärien siirtäminen esimerkiksi GPRS-yhteyttä käyttäen maksaa operaattoreiden hinnoittelujen mukaan noin sentin kilotavulta. Lisäksi GPRS-yhteys on verrattain hidas, kun tietomäärä kasvaa suureksi. Bluetooth-yhteyden nopeuden ja veloituksettomuuden vuoksi on mielenkiintoista tutkia yhteyden mahdollisuuksia tiedonsiirrossa.

Työn tavoitteena on tutkia, onko mahdollista rakentaa sellainen järjestelmä, missä esimerkiksi ison automarketin ovella voitaisiin ladata Bluetooth-yhteyttä käyttäen HTML-muotoista informaatiota, jota voitaisiin käyttää multimedia-puhelimen näytöllä. Ladattava informaatio voisi olla esimerkiksi marketin pohjapiirros, erikoistarjoukset, ruokareseptit ja ohjeet tai tiedot, mistä tuotteet löytyvät. Lisäksi tutkitaan, onko puhelimen muistiin mahdollista siirtää kokonainen HTML-muotoista informaatiota sisältävä sivusto ja saadaanko tämä puhelimen muistissa oleva informaatio näkymään puhelimesta siten, että sitä voidaan käyttää.

HTML-muotoinen informaatio siirretään Nokian S60- ja S90-sarjan multimediapuhelimiin. Puhelimet on rakennettu Symbian OS -ympäristöön, joka on kehitetty erityisesti pienten, pienellä virralla toimivien laitteiden alustaksi. Ympäristö tukee myös kaikkia niitä toimintoja, mitä matkapuhelimissa on mahdollista käyttää. Molemmat sarjat perustuvat Symbian 7.0s -käyttöjärjestelmään. S60- ja S90-sarjojen puhelimet mahdollistavat WAP 2.0 ja XHTML-muotoisen tiedon käyttämisen ja niiden ohjelmistoon kuuluu Opera-

internetselain. Molempien sarjojen puhelimista löytyy GPRS- ja Bluetooth-yhteyden käyttö mahdollisuus.

Työ aloitetaan tutkimalla, kuinka tieto siirtyy Bluetooth-siirtotiellä ja kuinka se saadaan siirrettyä tietokoneen muistista multimediapuhelimen muistiin odottamaan sen mahdollista käyttöä. Seuraavaksi tarkastellaan, kuinka tieto saadaan näkymään puhelimen näytöllä ja kuinka sen käyttäminen siellä onnistuu. Lopussa kuvataan tiedonsiirron onnistumista ja pohditaan Bluetooth-yhteyden mahdollisuuksia tulevaisuudessa.

2 BLUETOOTHIN PERUSTEET JA NOKIAN S60- JA S90-OHJELMISTO-ALUSTAISET PUHELIMET

2.1 Bluetooth

Bluetooth on tekniikka, jota käyttämällä laitteet voivat viestiä keskenään langattomasti radioaaltojen välityksellä. Se on tarkoitettu varmaksi ja halvaksi yhteydeksi ja sen vuoksi se toimii lyhyillä etäisyyksillä, noin 10 metriä. Yhteyttä on kuitenkin mahdollista käyttää jopa sadan metrin etäisyyksillä, mutta silloin sirun hinta, koko ja ympäristölle aiheuttamat haitat kasvavat. Lähtökohtana on, ettei Bluetooth-siru maksaisi yli 5 US dollaria. Bluetoothin alullepanija oli Ericsson, mutta pian mukaan liittyivät Nokia, IBM, Intel ja Toshiba. Bluetoothin perustajat muodostivat SIG:n, kehitysryhmän, jonka tarkoituksena on edistää Bluetooth-tekniikan kehitystä ja markkinoille tuontia. Perustajajäsenten lisäksi kehitysryhmä SIG:n liittyivät vuonna 1999 mukaan Microsoft, 3Com, Lucent ja Motorola. Tällä hetkellä SIG-ryhmässä on mukana yli 2600 yritystä. [1]

Bluetooth-spesifikaation versio 1.0 julkaistiin vuonna 1999. Heti perään julkaistiin 1.0b ja vuonna 2001 versio 1.1, joka sisältää päivityksiä eri valmistajien laitteiden yhteistoiminnan parantamiseksi. Standardin kokonaisuus on noin 1500 sivua ja se sisältää kaksi päädokumenttia: ytimen ja profiilin. [2]

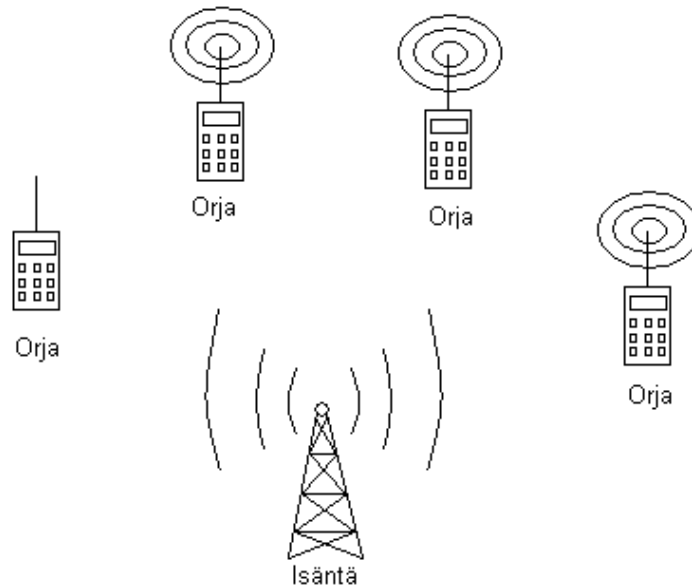
Bluetoothin tiedonsiirto perustuu radiolinkkiin eli Bluetooth-laitteet eivät tarvitse fyysistä näkyvää yhteyttä toisiinsa. Myöskään antennoja ei tarvitse suunnata ellei haluta rajoittaa peittoaluetta. Bluetoothissa käytetään maailman laajuisesti vapaasti käytettävissä olevia ISM-taajuuksia. Taajuusalue on suurimmassa osassa maailmaa 2400–2483,5 MHz, mutta joissain maissa taajuusaluetta on rajoitettu, mikä puolestaan vaikeuttaa laitteistoyhteensopivuutta.

Bluetooth v1.1 -spesifikaatio luokittelee laitteet kolmeen eri luokkaan lähetystehon mukaan. Lyhin kantama, noin 10 metriä, on luokan kolme laitteilla, joiden teho on maksimissaan 1 mW. Luokan kaksi laitteilla lähetysteho on maksimissaan 2,5 mW ja kantama hieman yli 10 metriä. Luokan yksi laitteen kantavuus voi olla jopa 100 metriä, mutta silloin lähetysteho on jo 100 mW. Luokan yksi laitteet vaativat aina tehon säätimen. Vertailuksi voidaan todeta, että GSM-puhelimet käyttävät noin 2 W lähetystehoa. Suurimmassa osassa matkapuhelimista käytetään luokan kaksi Bluetooth-sirua.

2.1.1 Bluetooth-arkkitehtuuri

Bluetooth-verkkoa on pikoverkko. Suurin osa Bluetooth-sovellutuksista on point-to-point, laitteelta laitteelle, sovelluksia. Bluetooth-yhteys on tyypillisesti ad hoc -tyyppinen yhteys, joka tarkoittaa, että yhteys aukaistaan tiedonsiirron ajaksi ja sammutetaan sen jälkeen.

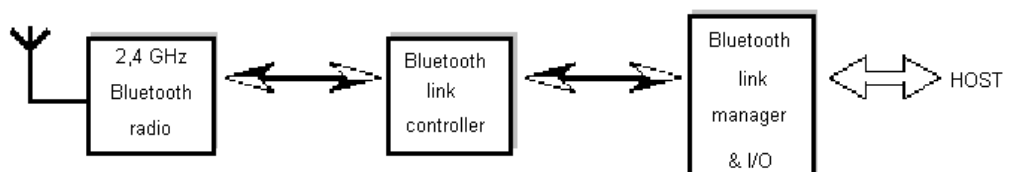
Pikoverkko on kahden tai useamman laitteen kantaman muodostama kokonaisuus. Ensimmäisenä verkkoon liittyneestä laitteesta tulee isäntä (master) ja muista verkkoon liittyvistä laitteista tulee orjia (slave). Laitteena isäntä ei kuitenkaan poikkea muista verkon laitteista. Bluetooth-pikoverkossa voi olla vain yksi isäntä ja korkeintaan seitsemän aktiivista orjalaitetta. Lisäksi Bluetooth-verkossa voi olla useita passiivisia orjalaitteita, jotka eivät käytä kanavaa, mutta pysyvät koko ajan synkronoituna isäntälaitteen mukaan. Kuvassa 1 esitetään pikoverkko, jossa on yksi isäntä ja neljä renkiä, joista yksi on passiivinen.



Kuva 1. Bluetooth pikoverkko.

Isäntälaitteen tehtävänä on hoitaa käytettävien taajuussekvenssien määrääminen, jotta orjalaitteet voivat synkronoida käytettävät taajuus- ja aikaparametrit. Orjalaite voi olla jäsenenä useammassa pikoverkossa, mutta pikoverkot eivät ole keskenään synkronoituja.

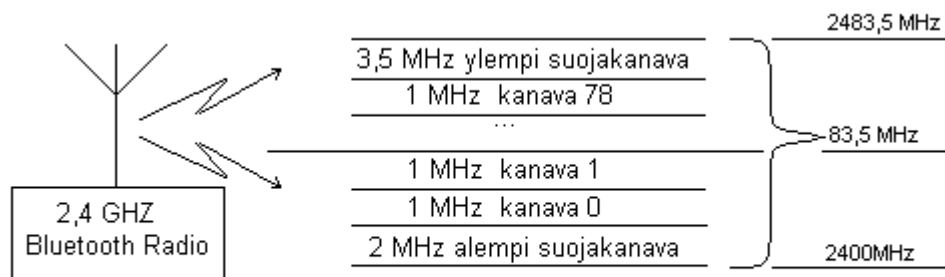
Bluetooth-arkkitehtuuriin kuuluu radio, lähetyksen kontrollointi, tuki linkin ylläpitoon ja isännän terminaalin toiminnot (HCI) (kuva 2). HCI mahdollistaa isännän pääsyn Bluetooth-raudan (hardware) käyttämiseen. Esimerkiksi isäntänä toimivalta kannettavalta tietokoneelta tulevat käskyt ja tiedot viedään HCI:n kautta Bluetooth-laitteelle olettaen, että tietokoneen kortti paikassa on Bluetooth-PCkortti joka mahdollistaa Bluetooth tiedon siirron. [2]



Kuva 2. Bluetooth arkkitehtuuri. [2]

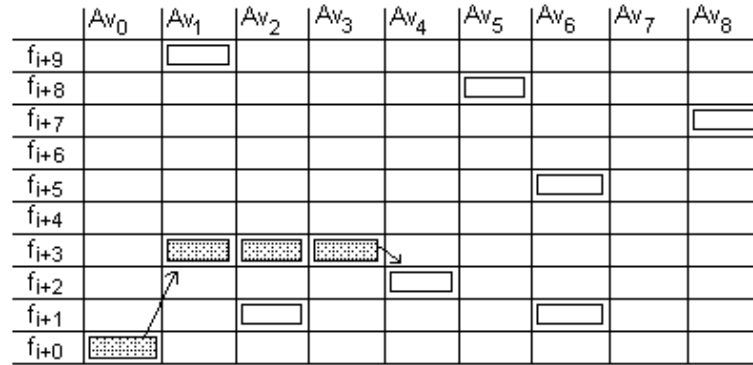
2.1.2 Bluetooth-arkkitehtuurin fyysinen kerros

Bluetooth-verkko toimii vapaalla 2,4 GHz ISM-alueella. Bluetoothin käyttämä taajuusalue on jaettu 1 MHz:n tiedonsiirtokanavin. Koko taajuusaluetta käyttävissä maissa saadaan taajuusalueeseen mahtumaan 79 siirtokanavaa (kuva 3). Niissä maissa, joissa siirtokanava on esimerkiksi valtion toimesta rajoitettu, alueeseen mahtuu vain 23 kanavaa. Taajuusalueen ylä- ja alapäissä on lisäksi suojakaistat, jotta eri valtioiden säännökset häiriöiden välttämiseksi toteutuvat. Kaikki kanavat ovat aikajakoisia ja tieto siirtyy kanavaa pitkin paketteina. Kanavan aikavälin pituus on 625 mikrosekuntia, joten sekunnissa voidaan lähettää jopa 1600 pakettia.



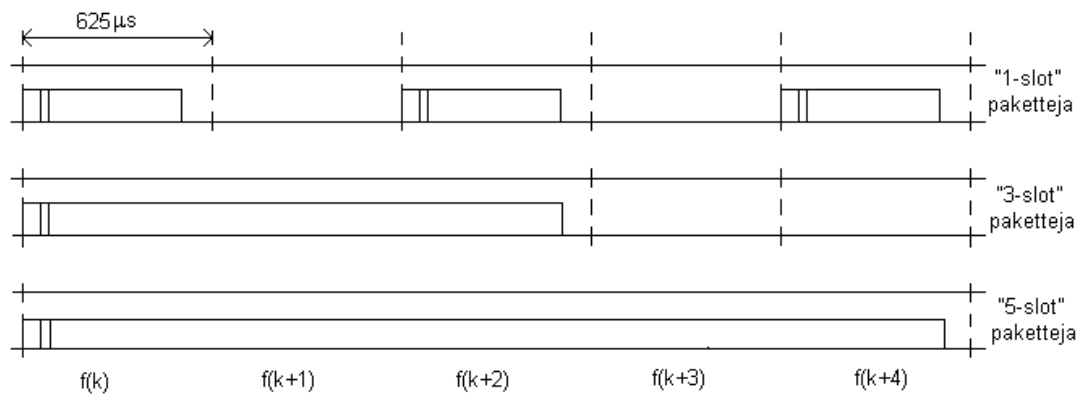
Kuva 3. Bluetoothin taajuusalue.

Taajuushyppelyssä jokainen paketti lähetetään satunnaisesti eri kanavalla. Ulospäin taajuus vaihtelee satunnaisesti, mutta laitteet ovat hyvin perillä vaihtelu sekvenssistä. Paketin muoto on aina samanlainen. Mitä suurempi paketti on, sitä suurempi on hyödyllisen tiedon siirtonopeus. Toisaalta, mitä suurempi paketti on, sitä todennäköisemmin pakettiin tulee virheitä tiedonsiirtotiellä. Paketin suurus voi siis heikentää luotettavuutta siihen, että paketti saapuu perille oikeanlaisena. Bluetooth-taajuushyppelyssä erikoista on, että jos tiedon pituus ylittää yhden aikavälin, niin se siirtyy kokonaisuudessaan samalla taajuudella jolla se olisi siirtynyt jos se olisi ollut yhden aikavälin mittainen (kuva 4).



Kuva 4. Taajuushyppely pitkällä sanomilla.

Paketti voidaan siirtää joko yhdessä, kolmessa tai viidessä aikavälissä. Yksittäinen sanoma voi jatkua aikavälistä toiseen, mutta se voi kestää korkeintaan viisi aikaväliä. Pikoverkossa isäntä lähettää tietoa parittomilla aikaväleillä ja renki vastaa parillisilla. (kuva 5)



Kuva 5. Bluetooth-pakettien aikavälit [1, s. 74].

Pakettien alkuun on sijoitettu tunnistuskoodi, joka on 72 bittiä. Perässä seuraa muu otsaketieto, joka on 54 bittiä ja varsinainen siirrettävä tieto voi olla välillä 0-2745 bittiä. Koko aikaväliä ei voida käyttää tiedonsiirtoon, koska osa aikavälistä kuluu radiolaitteiden asettamiseen samalle taajuudelle. Tämän toimenpiteen kesto on 1/3 käytettävissä olevasta bruttoajasta, joten se ei ole merkityksellinen.

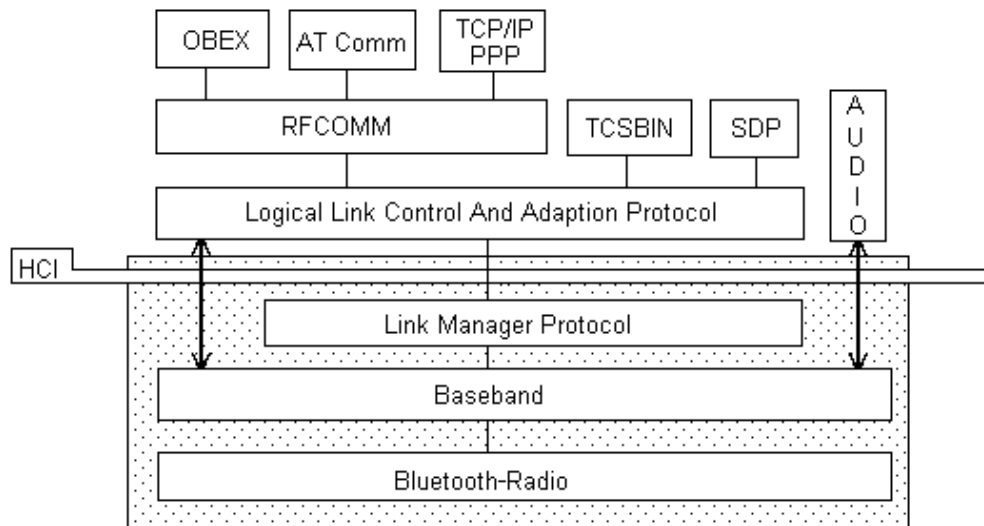
Taajuushyppely on toteutettu hajaspektritekniikalla (FHSS). Se tarkoittaa, että signaalit hajautetaan laajalle taajuusalueelle, jolloin yksittäisillä kanavilla esiintyvät virheet pienenevät. FHSS-moduloinnissa binäärinen data lähetetään poikkeuttamalla perustaajuutta. FHSS-moduloinnissa 1-bitti ilmaistaan taajuudella, joka on 140–175 kHz kanavan keskitaajuuden yläpuolella, ja 0-bitti ilmaistaan taajuudella, joka on 140–175 kHz kanavan keskitaajuuden alapuolella. Nykyisen standardin mukaan modulointinopeus on yksi megabitti sekunnissa. Nopeus on vain teoreettinen, koska muun muassa virheenkorjausalgoritmit hidastavat todellista nopeutta.

Bluetooth lähettää muihin taajuushyppelyyn perustuviin järjestelmin nähden pienempiä paketteja ja hyppii nopeammin, joten se ei ole niin altis virheille. Oletuksena on, että vain osa kanavista on virheille alttiina, jolloin vain ne täytyy lähettää uudelleen.

Bluetooth käyttää kahta linkkityyppiä tiedon siirtämiseen. Bluetoothissa voidaan lähettää dataa ja ääntä, joten se on sekä paketti- että piirikytkentäinen. Kuten aiemmin todettiin, tieto siirretään aikapaketteina eri taajuuksilla hyppien, mikä on periaatteessa pakettikytkentää. Halutessa voidaan varata ennakoon tietyt aikavälit tiedonsiirtoon, jolloin kyseessä on synkroninen tiedonsiirto (SCO). Asynkroninen tiedonsiirto (ACL) on toteutettu enimmillään 723 kb/s yhteen suuntaan, jolloin paluukanavaan jää 57 kb/s. Symmetrisenä molemmille kanaville nopeudeksi tulee 434 kb/s. Ääni siirretään synkronisissa ääni kanavissa, joita voi olla enimmillään kolme. Niiden nopeus on sama kuin kiinteissä digitaalisissa puhelinverkoissa eli 64 kb/s.

2.1.3 Protokollapino

Pääperiaatteena Bluetooth-protokollia luotaessa on ollut käyttää mahdollisimman paljon jo olemassa olevia protokollia. Tämä helpottaa myös käytännössä olevien sovellusten toimimista yhdessä Bluetoothin kanssa. Jokainen protokollapino käyttää yleistä Bluetooth-datayhteyttä ja fyysistä kerrosta. Kaikki sovellukset eivät kuitenkaan käytä kaikkia protokollia, vaan niistä valitaan sopiva pystysuora siivu (kuva 6). Bluetooth-laitteiden pitää osata tunnistaa toisensa ja saada selville toistensa kyvyt ja ominaisuudet.



Kuva 6. Bluetooth-protokollapino.

Bluetooth-protokollat jaetaan neljään kerrokseen, jotka ovat ydin protokollat, kaapelit korvaavat protokollat, puhelimen protokollat ja adoptoidut protokollat.

Ydin protokollat

Kantataajuus ja yhteydenhallintakerros (baseband) mahdollistavat fyysisen radiotaajuus (RF, Radio Frequency) yhteyden Bluetooth-laitteiden välillä. Tämä kerros käyttää kysely ja sivuutus menetelmiä synkronoidakseen yhteyden hyppytajuuden ja kellon eri Bluetooth-laitteiden välillä. Se määrittelee yhteystyypit (SCO ja ACL) sekä niiden sisältämät pakettityypit.

Audio data paketit, jotka lähetetään aina synkronisoituna (SCO) reititetään suoraan, eivätkä paketit näin ollen mene L2CAP kerroksen kautta. Audio datan lähettäminen on tehty hyvin yksinkertaiseksi. Äänen lähetys voidaan tehdä vain avaamalla audioyhteys.

Yhteydenhallintaprotokolla (LMP) on vastuussa yhteyden muodostamisesta Bluetooth laitteiden välille. Se sisältää tunnistuksen ja salauksen, sekä kontrolloi pakettien kokoa. Lisäksi se hallitsee tehoja, toimintajaksoja ja yhteyden tilaa.

Looginen yhteydenhallinta ja sovellus protokolla (L2CAP) sovittaa ylemmän kerroksen protokollat kantataajuudelle. Sen voidaan ajatella toimivan rinnakkain LMP:n kanssa. Erona niissä on kuitenkin se, että L2CAP varustaa palveluja ylemmälle kerrokselle, kun taas LMP viesteissä ei koskaan lähetetä hyötydataa. L2CAP toimii HCI:n (laiteriippumattoman rajapinnan) päällä.

Palvelujenlöytö protokollan (SDP) tehtävänä on nimensä mukaisesti löytää palvelut. SDP on olennainen osa Bluetoothin-runkoa ja sen löytämät palvelut luovat perustan kaikille käyttötavoille. SDP:n avulla laitteiden tiedot, palvelut ja palveluiden luonteet voidaan kysellä, jonka jälkeen yhteys on mahdollista muodostaa.

Kaapelit korvaavat protokollat

RFCOMM on sarjalinjan emulointiin tarkoitettu protokolla. Se emuloi RS-232 kontrolli- ja datasignaaleja Bluetooth-kantataajuudelle ja luo siirtomahdollisuuden ylemmille palveluille, jotka käyttävät sarjaporttia yhteysvälineenään.

Puhelimen protokollat

Binäärinen puhelun hallinta (TCS BIN) on bittipohjainen protokolla, joka määrittelee puhelunhallinta signaalit puhe- ja datasoittojen muodostamiseksi. Lisäksi se määrittelee liikkuvuudenhallintaprosessit Bluetooth TCS -laitteiden

käsittelyyn. Puhelun hallinta komennot (AT-komennot) ovat sarja, jonka avulla voidaan hallita matkapuhelinta ja modeemia usean käyttäjän tilassa.

Adoptoidut protokollat

Laitteelta laitteelle (PPP) protokolla on suunniteltu toimimaan RFCOMM:ssa viimeistelläkseen point-to-point -yhteyden.

TCP/UDP/IP-protokollia käytetään internetyhteyksiin ja niiden käyttö Bluetoothissa on systeemiriippuvaista. Protokollien avulla Bluetooth-laite voi olla yhteydessä laitteeseen, joka on yhteydessä internetiin.

OBEX on IrDA:n yhteysjakso protokolla objektien vaihtoon yksinkertaisella ja spontaanimmalla tavalla. Se määrittelee saman perustoiminnallisuuden kuin hypertekstin siirtämiseen tarkoitettu protokolla (HTTP), mutta kevyemmällä tavalla. OBEX käyttää asiakas palvelinmallia ja on riippumaton yhteysmekanismista.

Näiden neljän kerroksen lisäksi Bluetooth-spesifikaatio määrittelee isännän terminaalin toiminnot (Host Controller Interface, HCI). HCI varustaa yleisen rajapinnan kantataajuuden kontrolliin, yhteyden hallintaohjelmaan ja pääsyn laitteiden tila- ja kontrollirekisteriin. HCI voi sijaita muun muassa L2CAP:n ylä- tai alapuolella. Tästä huomataan, että Bluetooth ei noudata puhtaasti OSI-kerrosmallia, vaan raja eteenkin OSI 1- ja OSI 2 -kerrosten välillä kulkee keskellä kantataajuus (baseband) kerrosta. Bluetooth-arkkitehtuurissa ei myöskään noudateta kerrosarkkitehtuurin perusteita, vaan se sallii joidenkin toimintojen osalta kerrosarkkitehtuurin palvelujen ohittamisen. Tyypillinen toiminto tällaiseen on puheen siirto.

Lisäksi Bluetooth-spesifikaatio on avoin, joka tarkoittaa, että protokollapinon päälle voidaan lisätä muita sovellustason protokollia, kuten esimerkiksi HTTP ja FTP.

2.1.4 Virheenkorjaus

Bluetoothissa käytetään kolmea eri virheenkorjaus menetelmää. Menetelmistä kaksi perustuu etukäteen lasketun tiedon pohjalta tehtävään virheenkorjaukseen (FEC). Kolmas menetelmä on automaattinen uudelleen lähetys (ARQ). FEC-menetelmät ovat 1/3-rate FEC ja 2/3-rate FEC. FEC-virheenkorjaus menetelmien nimet kuvaavat, kuinka suuri on koodauksen osuus varsinaisen linkin läpi siirrettävän datan määrästä. FEC aiheuttaa aina ylimääräistä kuormaa, joten se sopii parhaiten häiriöalttiiseen ympäristöön. FEC-virheenkorjauksen perusteella toimivan virheenkorjaus menetelmän tarkoitus on vähentää uudelleen lähettämisen tarvetta. Automaattisessa virheenkorjauksessa, ARQ-menetelmässä, paketin virheettömyys tarkistetaan sisällöstä laskettavan tarkistussumman avulla. Jos paketti on virheellinen, se pyydetään lähetettäväksi uudelleen, mutta myös oikein saapuneesta paketista lähetetään ilmoitus lähettäjälle.

2.1.5 Tietoturva

Erilaiset sovellukset tarvitsevat eritasoista tietoturvaa. Siksi Bluetoothissa on joustava määrittely, joka tarkoittaa kolmea tietoturvatasoa: Suojaamaton tiedonsiirto, joustava palvelutason suojaus ja kiinteä linkkitason suojaus. Suojaamaton (Mode 1: non-secure) sopii julkisen tiedonsiirtoon. Linkkitason (Mode 3: Link level security) mekanismeja ovat autentikointi ja salaus. Tietoturvaan liittyvissä algoritmeissa käytetään neljää yksikköä, jotka toimivat salauksen avaimina (taulukko 1).

Taulukko 1. Linkkitason tietoturvassa käytetyt avaimet, niiden koko ja käyttötarkoitus.

Avain	pituus	käyttötarkoitus
BD_ADDR	48 bittiä	Julkinen Bluetooth-osoite, joka on yksilöllinen jokaiselle laitteelle. Voidaan määrittää manuaalisesti tai laite kysyy sitä automaattisesti
Private User Key	128 bittiä	Yksityinen (salainen) autentikointi avain, jota käytetään autentikointiin ja luodaan yleensä alustuksen yhteydessä. Tämä avain jää voimaan.
Private User Key, Encryption	8-128 bittiä	Yksityinen (salainen) kryptausavain, jota käytetään siirrettävän tiedon salaukseen. Luodaan erikseen jokaiselle kerralle.
Random Key	128 bittiä	Satunnaisluku luodaan uudestaan jokaista tapahtumaa varten laitteen pseudo-random -prosessissa.

Palvelutason tietoturva (Mode 2: Service-level security) käyttää linkkitason lisäksi auktorisointia. Siinä määritellään, onko jollain laitteella oikeus käyttää toisen laitteen palveluja. Tämä tapahtuu linkkitason ylemmillä protokollatasoilla. Kolmen tietoturvatason lisäksi Bluetooth-laitteet voivat rajoittaa automaattisesti lähetystehoaan tarpeen mukaan estäen signaalien pääsyn haluttua toiminta sädettä kauemmaksi. Lisäksi voidaan käyttää sovellustason salausta ja autentikointia. [3]

2.2 Nokian Series 60- ja Series 90 -matkapuhelimet

S60-ohjelmistoalustaan 1.0 kuuluu Nokian puhelin malleista 7650, 3650 ja 3660 kamerapuhelimet (kuva 5) ja N-Gage -pelipuhelin kehitysympäristöön 1.1. 7610 malli ja juuri myyntiin tullut 6600 kuuluvat S60-ohjelmistoalustaan 2.0. Myös Siemens ja Samsung ovat tehneet S60:een perustuvat puhelinmallit SX1 ja SGH-D700. Ne perustuvat kehitysympäristöön 1.0. Lisäksi moni muu valmistaja on ilmoittanut ottavansa käyttöön S60-ympäristön. [4, 5]



Kuva 5. Nokian 3650, 3660 ja 6600 matkapuhelimet. [5]

S90-ohjelmistoalustaan 2.0 ei ole vielä saatavissa muita malleja kuin 7700 (kuva 6), joka tulee myyntiin kesällä ja on jo enemmänkin monitoiminen media-laite kuin matkapuhelin.



Kuva 6. Nokian 7700 media-laite [6].

2.2.1 S60- ja S90-matkapuhelinten toiminnot

S60-ohjelmistoalustaan 1.0 kuuluvat puhelimet tukevat WAP 1.2.1 ja XHTML-selaimia ja HSCD- ja GPRS-datansiirtoa. Niiden näyttö on monivärinen (65536 väriä) ja koko on 176 x 208 pikseliä. Niissä on sisäänrakennettu Bluetooth ja infrapunaportti. Lisäksi niissä on tuki Javalle ja SMTP/POP3/IMAP4-sähköpostille, VGA-kamera, videoleikkeet sekä MMC- ja HF-toiminnot. 6600 mallissa on lisäksi datansiirtoon CSD käyttö mahdollisuus, WAP 2.0 ja TCP/IP selaimet, RealOne Player -mediasoitin ja SyncML-ohjelmisto. [7, 8]

7700 multimedialaiteessa on S90-ohjelmistoalustaan pohjautuva käyttöliittymä kosketusnäytöllä, jonka resoluutio on 640 x 320 pikseliä ja joka tukee jopa 65536 väriä. Puhelinta käytetään laitteen mukana tulevalla kynällä. Laitteessa on käyttäjälle varattu muistia omien kuvien ja sovellusten käyttämiseen. Laitteen ohjelmistoihin kuuluu käsialantunnistus ja kosketusnäppäimistö, joka on QWERTY-standardin mukainen. Laitteen multimediaominaisuuksiin lukeutuu VGA-kamera sekä RealOne Player -soitin, jossa on RealMedia (video ja ääni)- ja 3GPP-yhteensopivan sisällön toisto ja suoratoisto ja lisäksi MP3-soitin. Multimedialaite tukee myös äänitiedostoista MP3-, AAC-, RealAudio 7- ja 8-, WAV-, MIDI- ja AMR-NB -tiedostotyyppejä sekä kuvatiedostoista JPEG-, GIF-, BMP-, PNG- ja animoituja GIF-muotoisia kuvia. Medialaitteeseen kuuluu FM-radio ja Macromedia 5 Flash -sovitin. Lisäksi laite sisältää toimisto-ohjelmiston, jossa on taulukko-, tekstin- ja kuvankäsittelyohjelmat. Laitteeseen on saatavilla lisämuistia aina 128 megatavuun asti. [9, 10, 11]

Kannettavat päätelaitteet ovat saaneet tammikuussa 2004 oman digi-TV-standardinsa. Dvb-h on täysin IP-pohjainen ja tulee vasta vuoden 2004 lopussa markkinoille. Helsingissä on kuitenkin VTT:llä käytössä jo koeverkko, jossa tutkitaan, miten kuvaa ja ääntä voidaan lähettää mobiililaitteisiin datacast-menetelmällä. 7700 on ensimmäisiä laitteita johon on kytkettävissä digitaalisia tv-lähetyksiä vastaanottava Nokia Streamer. [11, s.21]

2.2.2 S60- ja S90-ohjelmistoalustojen teknologiat

S60 ja S90 2.0 on tehty Symbian v7.0s -alustalle ja S60 1.x ovat tehty Symbian v6.0s -alustalle. Symbianin käyttöjärjestelmät on suunniteltu juuri pieniä ja vähän virtaa kuluttavia laitteita varten. S60- ja S90-ohjelmistoalustat ovat kirjoitettu pääasiassa C++ -ohjelmointikielellä, joka on Symbianin muokkaama siten, että se sopii juuri pieniin laitteisiin joiden muistin koko on rajoittunut. Symbian Ohjelmistoalustat tukevat Java-ohjelmointikielen käyttöä ja asennusta. Tuettu versio on Java 2 -alusta johon kuuluu Java Wireless Messaging API, Java Mobile Media API ja Java Bluetooth API. S90-alustan viestintäominaisuudet tukevat SMS ja MMS viestien lähetystä ja sähköposteista IMAP4- ja POP3-protokollia. S90-alustan puhelimen selain tukee HTML 4.01, XHTML1.0 ja 1.1, WML 1.3, ECMA- ja JavaScript, CSS, WAPCSS ja SSL 3.0/TSL 1.0 salausta. [12, 13, 14]

3 TIEDONSIIRRON TOTEUTTAMINEN

3.1 HTML-informaation siirtäminen

Työhön tarvittiin kannettava tietokone, Bluetooth-kortti ja Nokian matkapuhelimet 6600 ja 7700. Työ aloitettiin asentamalla Bluetooth-kortti (kuva 7) kannettavan tietokoneen PCcard-korttipaikkaan ja asentamalla sen ajurit tietokoneeseen IBM:n kotisivulta. Kortin asentamisessa täytyy huomioida, että ainoastaan Com-portit välillä 2:sta 6:een ovat sallittuja. Jos Com-portti ei ole oikea, ei Bluetooth-yhteys toimi.

PCcard rajapintaa ei ole standardisoitu, koska SIG ei halua rajoittaa teknologiaa ja koska toisaalta PCcard-sovellukset ovat riippuvaisia rajapinnasta. PCcard:in kuljetuskerros osoittaa ja siirtää erilaisia HC-paketteja käyttäen fyysistä väylää. Vastaanottajan täytyy erottaa erilaiset paketit, joita on ainakin neljä: HCI-komennot, HCI-tapahtumat, ACL-data ja SCO-data. Kuljetuskerroksen pitää saada tieto paketin tyypistä joko suoraan HCI-ajurilta tai HC-firmwarelta. PCcard:in ei kuitenkaan tarvitse näkyä hyötydatalle.



Kuva 7. IBM:n Bluetooth-kortti.

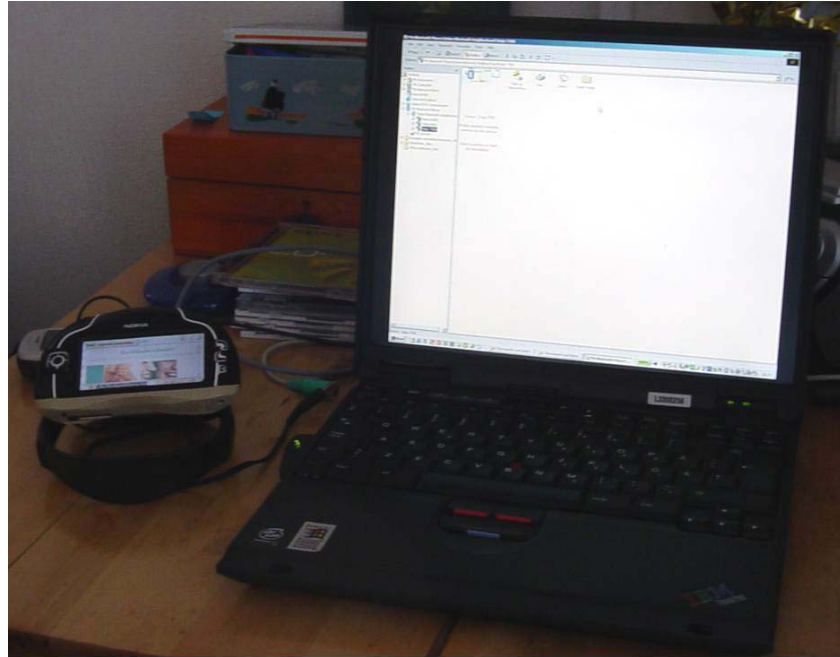
Työn suorittamista varten avattiin Kajaanin ammattikorkeakoulun kotisivut (www.kajak.fi) internetistä ja tallennettiin ne tietokoneen kovalevylle. Tietokone tallentaa sivuilla olevat kuvat automaattisesti omaan alikansioon, jonne tallennettiin myös linkkien takaa löytyvät sivut. Kaikkia sivuja alasivuineen ei kuitenkaan nähty tarpeelliseksi tallentaa. Tallennettaessa internet sivuja sivujen lähdekoodi muuttuu automaattisesti ohjaamaan kuvat kovalevyn juuresta alkaen oikeaan kansioon ja linkit jäävät ohjaamaan WWW-osoitteisiin.

Sivujen HTML-koodia jouduttiin muuttamaan siten, että kuvat ja linkit viittaavat siihen alikansioon jossa seuraava sivusto sijaitsee. Näin tehtiin kaikille kuville ja linkeille jotka haluttiin näkymään matkapuhelimeen siirrettävissä tiedoissa. (Esimerkit kuvien ja linkkien lähdekoodin muuttamisesta ovat taulukossa 2.) Lähdekoodin muuttaminen jouduttiin tekemään, koska matkapuhelimien kansioden puu rakenne on erilainen kuin tietokoneen.

Taulukko 2. Kuvien lähdekoodin muuttaminen.

alkuperäinen	myimages[1]="C:\Lopputyö\ KajakmEtusivu_tiedostot/kuva3.jpg"
muutettu	myimages[1]="KajakmEtusivu_tiedostot/kuva3.jpg"

Matkapuhelimen ja tietokoneen Bluetooth-yhteydet asetettiin päälle ja yhteys laitteiden välille avattiin. Ennen parituksen tapahtumista, jolloin salausavain vaihdetaan, täytyy hyväksyä tietokoneelta tuleva yhteyspyyntö. Kun tietokoneelta tuleva yhteyspyyntö on hyväksytty laitteet suorittavat parituksen ja saavat yhteyden toisiinsa. Yhteyden avanneella tietokoneella näkyy tällöin matkapuhelimen muisti ja siihen voidaan kopioida haluttu HTML-tiedosto tarvittavine kansioineen. Ennen kopiointia puhelin kysyy toistamiseen hyväksytäänkö yhteyspyyntö tietokoneelta, jos hyväksytään tiedonsiirto voi alkaa (kuva 8).



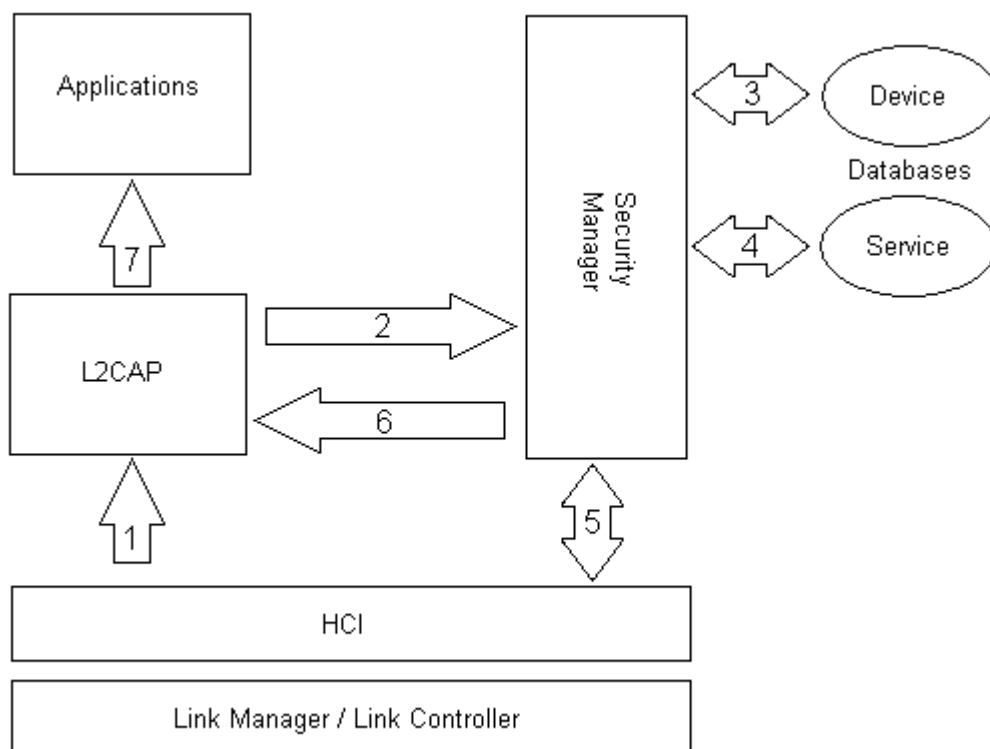
Kuva 8. HTML-informaation siirtäminen matkapuhelimeen.

Yhteys kahden Bluetooth-sirun välille muodostetaan seuraavalla tavalla:

(kuva 9)

- 1) HCI:n yhteyspyyntö L2CAP:lle
- 2) L2CAP pyytää pääsyä Security Managerilta (SM)
- 3) SM tarkastaa palvelutietokannasta
- 4) SM tarkastaa laitetietokannasta
- 5) SM suorittaa oikeuksien tarkistamisen ja salauksen
- 6) SM sallii pääsyn
- 7) L2CAP jatkaa yhteyden muodostamista.

Rajoitteiksi täytyy lukea, että vain laitteen oikeudet tarkastetaan, ei käyttäjän. Samalla tavoin rajoitteena voidaan nähdä se, että vain yhteyttä luodessa on mahdollista päästä linkin kontrolliin.



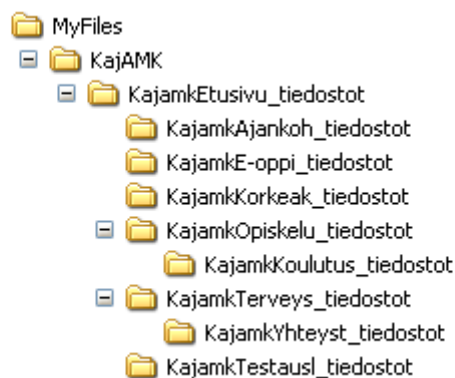
Kuva 9. Bluetooth-yhteyden muodostaminen.

Kun tieto on saatu onnistuneesti siirrettyä, ilmestyy S60-pohjaisissa puhelimissa näytölle teksti *uusi viesti saapunut*. S90-pohjaisessa Nokian 7700 puhelimesta tätä ei tapahdu, sillä se on vielä prototyyppiasteella ja sen ohjelmistoa päivitetään vielä lähes päivittäin. Seuraavaksi avattiin saapunut viesti, mutta huomattiin, etteivät tiedostot auenneet. Tiedostot olivat kyllä puhelimen muistissa, mutta niitä ei saatu näkymään edes puhelimesta olevan tiedostonhallinnan kautta. Syyksi paljastui, ettei S60-pohjaisten puhelinten Opera-internetselain tue HTML 4.0 -ohjelmointikielellä ohjelmoituja sivuja. Tästä syystä työ siirryttiin tekemään pelkästään Nokian 7700 matkapuhelimella.



Kuva 10. Nokian 7700 matkapuhelimen työpöytä.

Nokian 7700 matkapuhelimella sille siirretyt tiedostot löytyvät tiedoston hallinnan kautta (kuva 10) kansiota c:\myfiles. Kansiota löytyi nyt HTML-tiedosto nimeltä KajamkEtusivu.html ja lisäksi kansio, jossa sijaitsee etusivun kuvat ja etusivun linkit ja niiden kansiot. Kuvassa 11 on esitetty työssä käytettyjen sivujen tarvitsemat kansiot. Alakansioissa oli linkit, jotka haluttiin mukaan työhön, ja kuvat jotka käytetyillä internet sivuilla ovat. Kansiossa KajAMK oli etusivu, jonka tiedostonimi oli kajamkEtusivu.htm. Tätä tiedostoa klikkaamalla saatiin esille Kajaanin ammattikorkeakoulun kotisivut Nokian 7700 puhelimen selaimen näytölle (kuva 12), jossa niitä sitten voitiin tutkia.



Kuva 11. Kuvan kaappaus 7700 puhelimen tiedostonhallinnasta.

Työssä siirrettävänä ollut tiedosto alikansioineen oli kooltaan 1,08 Mt. Tiedoston suurella koolla pyrittiin siihen, että nähdään, kuinka suuret sivustot käyttäytyvät tiedonsiirrossa. Megatavun kokoisen tiedoston siirtämisen menee käytännössä noin kaksi sekuntia. Tämä tiedonsiirtonopeus ei ole vielä liian hidas.



Kuva 12. Kajaanin ammattikorkeakoulun kotisivu Nokian 7700 näytöllä.

Seuraavaksi testattiin selailemalla sivuja, kuinka hyvin sivut toimivat Nokian 7700 matkapuhelimessa. Sivujen todettiin toimivan muuten erinomaisesti, mutta sivua jouduttiin zoomaamaan suuremmaksi jotta linkkien käyttö helpottui. Kuvassa 13 on E-oppimiskeskuksen sivu ja kuvassa 14 terveydenhoidon sivu. Sivut latautuivat kuvineen nopeasti puhelimen omasta muistista, alle neljään sekuntiin.



Kuva 13. E-oppimiskeskuksen internet sivu Nokian 7700 näytöllä.



Kuva 14. Terveyspalvelujen internet sivu Nokian 7700 näytöllä.

3.2 Tiedonsiirron onnistuminen

Työssä saavutettiin asetetut tavoitteet. Sellaisen järjestelmän rakentaminen, jossa HTML-muotoista informaatiota siirretään matkapuhelimen muistiin ja sitä selataan puhelimen muistista offline-tilassa ilman internet yhteyttä, oli mahdollista. Tosin Bluetoothin nykyinen tiedonsiirto nopeus on liian hidas siinä vaiheessa, kun tavoitteena siirtää jonkin kauppakeskuksen pohjapiirros puhelimeen jo kauppakeskuksen ovella. Työssä käytetty Kajaanin ammattikorkeakoulun sivusto oli 1,08 megatavun suuruinen. Sellaisen sivuston koko, jossa näkyisivät kaupan pohjapiirroksessa tavaroiden sijainti, ruokaohjeet, erikoistarjoukset ja vaikkapa edellisellä kauppakerralla ostetut tuotteet, tulisi nopeasti olemaan useita kymmeniä megatavuja. Kuitenkin jo 10 megatavun kokoisen tiedoston siirtäminen Bluetooth-yhteyden läpi vie teoriassa 15 sekuntia ja käytännössä se tarkoittaa jo puolen minuutin siirtoaikaa. Tähän lisättäessä tiedostojen aukeamisaika, joka on kuitenkin huomattavasti pienempi kuin esimerkiksi GPRS-yhteydessä, suurenee tietojen käyttöön saanti aika jo yli minuutin mittaiseksi. Mikäli siis tavoitteena on tavoittaa kiireinen kaupunkilainen jo kauppakeskuksen ovella, eikä lihatiskillä, ei se vielä ole mahdollista.

Nokian 7700 prototyypissä käyttäjällä on käytettävissä 30 Mt muistia ja tuotantomalliin sitä tulee vielä enemmän. Lisäksi multimedialaitteeseen on

saatavilla 128Mt lisä muistikortti. Puhelimen muisti ei siis aseta rajoitteita suuarellekaan informaatio määrälle.

3.3 Bluetooth-yhteyden tulevaisuus mobiilissa teknologiassa

Kehitteillä oleva uusi bluetooth standardi lupaa lisää tiedonsiirtonopeutta. Tulevaisuudessa menetelmä, missä puhelimessa olevan kauppalistan perusteella löydetään tavaroiden sijainti kaupassa, voisi siis olla mahdollinen. Voisi myös ajatella, että kauppaostosten maksaminen tapahtuu käyttämällä, jo nyt Nokian S60- ja S90-alustaisissa puhelimissa olevaa, lompakko (wallet) toimintoa. Kassalla veloitettaisiin langattoman yhteyden kautta automaattisesti tarvittava summa puhelimessa olevasta lompakosta. Langattoman tiedonsiirtomenetelmän ei kuitenkaan tarvitse välttämättä olla Bluetooth. Olennaista käytön lisääntymisen kannalta on, että tiedonsiirtomenetelmä on ilmainen ja niin nopea, että se lataa sovelluksen juuri sillä hetkellä kun käyttäjä sitä tarvitse.

Mikäli tällainen järjestelmä rakennetaan, tarvitaan tietokone, joka toimii siten, että se etsii jatkuvasti uusia, juuri verkkoon tulleita, Bluetooth-laitteita ja lähettää niille saman tien informaatiota. Käyttäjä voisi itse päättää hyväksytäänkö yhteyspyyntö tietokoneelta ja siten kontrolloida annetaanko tietokoneelle lupa lähettää informaatio käyttäjän matkapuhelimeen.

Jatkossa olisi mielenkiintoista tutkia Bluetooth-yhteyden mahdollisuuksia uusien matkapuhelinten ja erilaisten laitteiden välisessä tiedonsiirrossa. On paljon informaatiota, joka voitaisiin siirtää puhelimen muistiin erilaisissa tilanteissa. Esimerkiksi saavuttaessa museon, teatterin tai urheilutapahtumaan voitaisiin Bluetooth-yhteyden kautta siirtää tietoja esineistä, esityksestä, näyttelijöistä tai urheilijoiden tuloksista ja tilastoista matkapuhelimeen.

4 YHTEENVETO

Työ oli erittäin mielenkiintoinen ja haastava. Uskon työn tekemisestä olevan paljon hyötyä itselleni tulevaisuudessa, sillä on mielenkiintoista tutkia uusia laitteita ja niiden toiminta mahdollisuuksia.

Työn tavoitteena oli tutkia onko mahdollista siirtää HTML-muotoista informaatiota Bluetooth-yhteyden kautta Nokian matkapuhelimiin. Puhelimiksi valittiin S60- ja S90-ohjelmistoalustoihin pohjautuvat laitteet, koska ainoastaan niistä löytyy Bluetooth-yhteys ja tuki HTML-tiedostojen käsittelyyn. Tosin työn aikana huomattiin, että S60-alustan puhelimiin saatiin tiedostot siirrettyä oikein, mutta niitä ei saatu näkyviin puhelimen selaimessa. Syyksi todettiin, etteivät ne tue HTML 4.0 ohjelmointikielellä tehtyjä sivuja. Sen vuoksi siirryttiin käyttämään S90-alustan puhelinta 7700, joka saadaan markkinoille tänä kesänä. Työ saatiin 7700 puhelimella suoritettua juuri siten kuin oli tavoitteeksi asetettu. HTML-muotoinen informaatio saatiin siirrettyä Bluetooth-yhteyttä käyttäen tietokoneelta matkapuhelimen muistiin. Informaatiota oli helppo selata 7700 puhelimen näytöllä, joka tarkkuudeltaan on lisäksi erinomainen. Valitettavasti digitaalikameralla työstä otetut kuvat eivät anna aivan oikeaa kuvaa näytön tarkkuudesta.

Puhelimen muistiin siirrettyjen sivujen selaaminen onnistui hyvin ja huomattiin sen olevan jopa yllättävän nopeaa. On siis todennäköistä, että tulevaisuudessa tullaan käyttämään jotain vastaavanlaista sovellusta arkielämässä.

LÄHDELUETTELO

- 1 Arvoski, Jääskeläinen, Kontio, Köykkä, Raatikainen, Tervo, Vierimaa. Mobiili teknologiat. 1. painos. Helsinki: Edita Prima Oy 2002. ISBN 951-826-452-X
- 2 Bluetooth technology overview. Versio 1.0. Nokia Oy 4.4.2003
- 3 Granlund Kaj. Langaton tiedonsiirto. 1. painos. Jyväskylä: Decendo Oy 2001. ISBN 951-846-091-4
- 4 Series 60 developer platform. 2003. [WWW-dokumentti]. <http://www.forum.nokia.com/main/0,6566,010_40_10,00.html> (Luettu 25.2.2004).
- 5 Series 60 developer platform. 2003. [WWW-dokumentti]. <http://www.forum.nokia.com/main/0,,010_40_10-Platform-1-2,00.html#matrix> (Luettu 25.2.2004).
- 6 Nokian puhelinmallit. 2004. [WWW-dokumentti]. <<http://www.nokia.fi/puhelimet/puhelinmallit/>> (Luettu 25.2.2004).
- 7 Series 60 developer platform. 2003. [WWW-dokumentti] <http://www.forum.nokia.com/main/0,6566,010_60,00.html> (Luettu 25.2.2004).
- 8 Nokian puhelinmallit, Multimediapuhelin 7700. [WWW-dokumentti]. <<http://www.nokia.fi/puhelimet/puhelinmallit/7700/>> (Luettu 25.2.2004).
- 9 Nokian puhelinmallit, Multimediapuhelin 7700 ominaisuudet. [WWW-dokumentti]. <http://www.nokia.fi/puhelimet/puhelinmallit/7700/tarkka_tuoteseoste.html> /> (Luettu 25.2.2004).
- 10 Nokian puhelinmallit, Multimediapuhelin 7700 faq. [WWW-dokumentti]. <<http://www.nokia.fi/puhelimet/puhelinmallit/7700/faq/>> (Luettu 25.2.2004).
- 11 Mikrobitti. Joulukuu 12/2003. Sanoma Magazines Finland Oy.

- 12 Developer Platform 2.0 for Series 60: Introductory White Paper. Versio 1.0. Nokia Oy 29.10.2003.
- 13 Developer Platform 2.0 for Series 90: Introductory White Paper. Versio 1.1. Nokia Oy 8.11.2003.
- 14 Developer Platform 2.0 for Series 90 Frequently Asked Questions, Version 1.1.. Nokia Oy 8.11.2003